

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08091239 A**

(43) Date of publication of application: 09 . 04 . 96

(51) Int. Cl.

B62D 6/00

B62D 5/04

// B60R 16/02

B62D101:00

(21) Application number: 06252710

(22) Date of filing: 22 . 09 . 94

(71) Applicant: NIPPON SEIKO KK

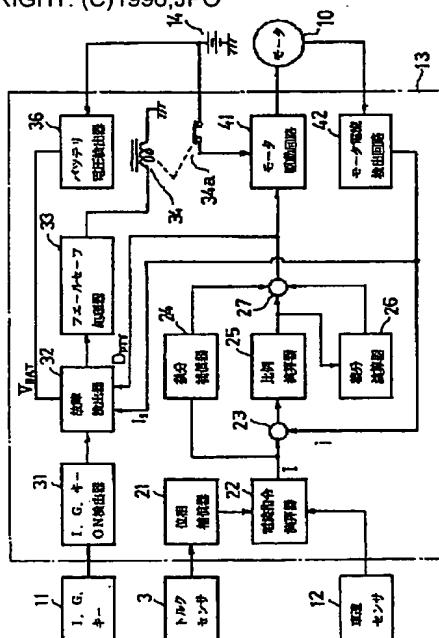
(72) Inventor: ENDO SHUJI
KAWADA HIDEAKI
KANO HIROYUKI
KOIWAI HISAYOSHI

(54) CONTROL DEVICE FOR MOTOR DRIVEN POWER STEERING DEVICE COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a control device for a motor driven power steering device, which can detect the failure of a motor current detection circuit.

CONSTITUTION: Voltage is applied to a motor for the specified period of time T with an ignition key turned on. When it is detected by an ignition key-ON detector 31 that the ignition key has been turned on, battery voltage detected by a battery voltage detector 36, a duty ratio of a PWM signal, and a motor current value (i) detected by a motor current detector 42 at a time when the predetermined specified period of time T_0 ($T_0 < T$) has elapsed are inputted into a failure detector 32 as a sample value. The failure detector 32 then operates the estimated value (i_s) of motor current based on battery voltage, a duty ratio of a PWM signal, and resistance R between motor terminals so as to be compared with the motor current value (i) as a sample value. When an absolute value of $(i_s - i)$ is larger than a specified allowable value Δi , it is thereby judged that the motor current detector 42 has failed.



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特許公報 (B2)

(11) 特許番号

特許第3284785号
(P3284785)

(45) 発行日 平成14年5月20日 (2002.5.20)

(24) 登録日 平成14年3月8日 (2002.3.8)

(51) Int.Cl.
B 6 2 D 6/00
5/04
// B 6 0 R 16/02 6 5 0
B 6 2 D 101:00
119:00

識別記号
F I
B 6 2 D 6/00
5/04
B 6 0 R 16/02
B 6 2 D 101:00
119:00

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平6-252710
(22) 出願日 平成6年9月22日 (1994.9.22)
(65) 公開番号 特開平8-91239
(43) 公開日 平成8年4月9日 (1996.4.9)
審査請求日 平成12年5月18日 (2000.5.18)

(73) 特許権者 000004204
日本精工株式会社
東京都品川区大崎1丁目6番3号
(72) 発明者 遠藤 修司
群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株
式会社内
(72) 発明者 川田 秀明
群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株
式会社内
(72) 発明者 荻野 広之
群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株
式会社内
(74) 代理人 100092299
弁理士 貞重 和生
審査官 大谷 謙仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置の制御装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくともステアリングシャフトに発生する操舵トルク信号に基づいてステアリング機構に操舵補助力を与えるモータの出力を制御する制御手段を備えた電動パワーステアリング装置の制御装置において、モータ電流検出手段を備え、前記制御手段は、モータの電気的時定数よりも十分に大きく、且つモータの機械的時定数よりも十分に小さい時間だけ前記モータに電圧を印加したとき予測される電流値と、モータ電流検出手段により検出されたモータ電流値に基づいてモータ電流検出手段の故障を判定することを特徴とする電動パワーステアリング装置の制御装置。
【請求項2】 前記予測される電流値は、ステアリング機構の静止摩擦トルクに対応する電流値以下であることを特徴とする請求項1記載の電動パワーステアリング装

2

置の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、電動パワーステアリング装置の制御装置に関し、特にそのモータ電流検出手段の故障を検出できる電動パワーステアリング装置の制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 車両用の電動パワーステアリング装置は、操向ハンドルの操作によりステアリングシャフトに発生する操舵トルクと車速を検出し、その検出信号に基づいてモータを駆動して操向ハンドルの操舵力を補助するものである。このような電動式パワーステアリング装置の制御は電子制御回路で実行されるが、その制御の概要は、トルクセンサで検出された操舵トルクと車速セン

サで検出された車速に基づいてモータに供給する電流の大きさを演算し、その演算結果に基づいてモータに供給する電流を制御する。

【0003】即ち、電子制御回路は、操向ハンドルが操作されて操舵トルクが発生しているときに、検出された車速が零あるいは低速の場合は大きな操舵補助力を供給し、検出された車速が速い場合は小さな操舵補助力を供給するように操向ハンドルの操舵力と車速に応じてモータに供給する電流を制御することで、走行状態に応じた最適の操舵補助力を与えることができるものである。

【0004】この種の装置では、実際にモータに流れる電流が、操舵トルクや車速に基づいて演算されたモータ電流の制御目標値に一致するようフィードバック制御を行なつており、このためにモータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段を備えている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記したモータ電流検出手段が故障した場合は正確なモータ電流を測定することができず、この結果、必要以上の電流がモータに流れて過大な操舵補助力を供給したり、或いはモータに必要なだけの電流が流れず、十分な操舵補助力を供給できないという不都合が発生することになる。

【0006】さらに、モータに電流を流してモータ電流検出手段の動作を確認するときにモータが回転してしまうと、モータ軸とステアリング機構が結合している状態では操向ハンドルが回転してしまい、不測の事故が発生するおそれがある。この発明は、上記課題を解決することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明は上記課題を解決するもので、少なくともステアリングシャフトに発生する操舵トルク信号に基づいてステアリング機構に操舵補助力を与えるモータの出力を制御する制御手段を備えた電動パワーステアリング装置の制御装置において、モータ電流検出手段を備え、前記制御手段は、モータの電気的時定数よりも十分に大きく、且つモータの機械的時定数よりも十分に小さい時間だけ前記モータに電圧を印加したとき予測される電流値と、モータ電流検出手段により検出されたモータ電流値に基づいてモータ電流検出手段の故障を判定することを特徴とする。

【0008】そして、前記予測される電流値は、ステアリング機構の静止摩擦トルクに対応する電流値以下になるようにするといい。

【0009】

【作用】モータ端子電圧とモータの内部抵抗から求めたモータ電流の予測値と、モータの機械的時定数 T_m よりも十分に小さくモータの電気的時定数 T_e よりも十分に大きい時間 T ($T_e << T << T_m$) だけモータに電圧を印加してモータの角速度 ω が零、即ち殆どモータが回転しない状態におけるモータ電流の検出値とを比較し、

モータ電流の予測値と検出値との差が所定の許容範囲を越えているとき、モータ電流検出手段の故障と判定する。このとき、予測される電流値をステアリング機構の静止摩擦トルクに対応する電流値以下になるようにモータ印加電圧を設定すれば、モータが回転しない条件を完全に満たすことができる。

【0010】

【実施例】以下、この発明の実施例について説明する。

図1は、この発明を実施するに適した電動パワーステアリング装置の構成の概略を説明する図で、操向ハンドル1の軸2は減速ギア4、ユニバーサルジョイント5a、5b、ビニオンラック機構7を経て操向車輪のタイロッド8に結合されている。軸2には操向ハンドル1の操舵トルクを検出するトルクセンサ3が設けられており、また、操舵力を補助するモータ10がクラッチ9、減速ギア4を介して軸2に結合している。

【0011】パワーステアリング装置を制御する電子制御回路13は、バッテリ14からイグニツションキー11を経て電力が供給される。電子制御回路13は、トルクセンサ3で検出された操舵トルクと車速センサ12で検出された車速に基づいて電流指令演算を行い、演算された電流指令値に基づいてモータ10に供給する電流*i*を制御する。

【0012】クラッチ9は電子制御回路13により制御される。クラッチ9は通常の動作状態では結合しており、電子制御回路13によりパワーステアリング装置の故障と判断された時、及び電源がOFFとなつている時に切離される。

【0013】図2は、電子制御回路13のブロック図である。この実施例では電子制御回路13は主としてCPUから構成されるが、ここではそのCPU内部においてプログラムで実行される機能を示してある。例えば、位相補償器21は独立したハードウェアとしての位相補償器21を示すものではなく、CPUで実行される位相補償機能を示す。なお、電子制御回路13をCPUで構成せず、これらの機能要素をそれぞれ独立したハードウェア（電子回路）で構成できることは言うまでもない。

【0014】以下、電子制御回路13の機能と動作を説明する。トルクセンサ3から入力された操舵トルク信号は、位相補償器21で操舵系の安定を高めるために位相補償され、電流指令演算器22に入力される。また、車速センサ12で検出された車速も電流指令演算器22に入力される。

【0015】電流指令演算器22は、入力されたトルク信号と車速信号に基づいて所定の演算式によりモータ10に供給する電流の制御目標値である電流指令値*I*を決定する。

【0016】比較器23、微分補償器24、比例演算器25及び積分演算器26から構成される回路は、実際のモータ電流値*i*が電流指令値*I*に一致するようにフィード

ドバツク制御を行う回路である。

【0017】比例演算器25では、電流指令値Iと実際のモータ電流値iとの差に比例した比例値が出力される。さらに比例演算器25の出力信号はフィードバツク系の特性を改善するため積分演算器26において積分され、差の積分値の比例値が出力される。

【0018】微分補償器24では、電流指令演算器22で演算された電流指令値Iに対する実際にモータに流れれるモータ電流値iの応答速度を高めるため、電流指令値Iの微分値が出力される。

【0019】微分補償器24から出力された電流指令値Iの微分値、比例演算器25から出力された電流指令値と実際のモータ電流値との差に比例した比例値、及び積分演算器26から出力された積分値は、加算器27において加算演算され、演算結果である電流制御値がモータ駆動信号としてモータ駆動回路41に出力される。

【0020】図3にモータ駆動回路41の構成の一例を示す。モータ駆動回路41は加算器27から入力された電流制御値をPWM信号と電流方向信号とに分離変換する変換部44、FET1～FET4、及びそれ等のゲートを開閉駆動するFETゲート駆動回路45等からなる。なお、昇圧電源46はFET1、FET2のハイサイド側を駆動する電源である。

【0021】PWM信号（パルス幅変調信号）は、Hブリッジ接続されたFET（電界効果トランジスタ）スイッチング素子FET1～FET2のゲートを駆動する信号で、加算器27において演算された電流制御値の絶対値によりPWM信号のデューティ比（FETのゲートをON/OFFする時間比）が決定される。

【0022】電流方向信号は、モータに供給する電流の方向を指示する信号で、加算器27において演算された電流制御値の符号（正負）により決定される信号である。

【0023】FET1とFET2は前記したPWM信号のデューティ比に基づいてゲートがON/OFFされるスイッチング素子で、モータに流れれる電流の大きさを制御するためのスイッチング素子である。また、FET3とFET4は前記した電流方向信号に基づいてゲートがON或いはOFFされる（一方がONの時、他方はOFFとなる）スイッチング素子で、モータに流れれる電流の方向、即ちモータの回転方向を切り換えるスイッチング素子である。

【0024】FET3が導通状態にあるときは、電流はFET1、モータ10、FET3、抵抗R1を経て流れ、モータ10に正方向の電流が流れ。また、FET4が導通状態にあるときは、電流はFET2、モータ10、FET4、抵抗R2を経て流れ、モータ10に負方向の電流が流れ。

【0025】モータ電流検出回路42は、抵抗R1の両端における電圧降下に基づいて正方向電流の大きさを検

出し、また、抵抗R2の両端における電圧降下に基づいて負方向電流の大きさを検出する。検出された実際のモータ電流値は比較器23にフィードバツクして入力される（図2参照）。

【0026】以上説明した電子制御回路は、操向ハンドルが操作されて操舵トルクが発生しているときに、検出された操舵トルクが大きく、また検出された車速が零あるいは低速の場合は電流指令値Iを大きく設定し、検出された操舵トルクが小さく、また検出された車速が速い場合は電流指令値Iを小さく設定するから、走行状態に応じた最適の操舵補助力を与えることができる。

【0027】次に、この発明によるモータ電流検出手段の故障の判定、及び検出結果に基づくエールセーフ処理について説明する。

【0028】まず、その原理を説明する。イグニツシヨンキ-11をONとし、モータに電圧Vを印加したとき、モータ端子間電圧Vとモータに流れれる電流iとの間には、以下の式（1）の関係がある。

【0029】

【数1】

$$V = L \frac{di}{dt} + Ri + K_T \omega \quad \dots (1)$$

ここで、k_Tはモータの逆起電力定数、ωはモータの角速度、Lはモータのインダクタンス、Rはモータの端子間抵抗である。

【0030】モータの機械的時定数T_mはモータの慣性モーメントJをモータの粘性抵抗Bで割った値で、T_m=J/Bで表され、モータの電気的時定数T_eはモータのインダクタンスLをモータの抵抗Rで割った値で、T_e=L/Rで表される。

【0031】モータの機械的時定数T_mよりも十分に小さく、モータの電気的時定数T_eよりも十分に大きい時間Tを設定し（T_e < < T < < T_m）、初期状態から時間Tだけモータに電圧Vを印加した場合の、モータ電流iとモータの角速度ωの過渡特性、及びモータ電流をサンプリングする時期を図4により説明する。

【0032】即ち、図4(a)はモータに印加される電圧と時間の関係を示すもので、モータに電圧Vが印加されるとモータ電流は早い時期に立上がり（モータの電気的時定数T_e < < 電圧Vの印加時間T）、定常電流i_sが流れることを示している。なお、i_sは後述するモータ電流の予測値を示している。

【0033】また、図4(b)はモータ電流と時間の関係を示すもので、モータに電圧Vが印加されるとモータ電流は早い時期に立上がり（モータの電気的時定数T_e < < 電圧Vの印加時間T）、定常電流i_sが流れることを示している。なお、i_sは後述するモータ電流の予測値を示している。

【0034】図4(c)はモータの角速度ωと時間の関係を示すもので、モータに電圧Vが印加される時間Tの範囲では、モータの機械的時定数T_mが大きく、モータの角速度ωは殆ど零であること、即ち回転しないことを

示している。更に、前記モータ電流の予測値 i_s をステアリング機構の静止摩擦トルクに対応した値以下になるようにモータ印加電圧を設定すれば、モータが回転しない条件を完全に達成することができる。

【0035】また、図4(d)はモータ電流を検出するサンプリング時期を示すもので、モータに電圧Vを印加後、T0時間後からサンプリングを開始することを示している。

【0036】上記したモータ電流 i とモータの角速度 ω の過渡特性によれば、モータに電圧Vを印加した後、時間Tが経過するよりもやや早い時間T0の経過後には、モータ電流は立ち上がり、モータには定常電流 i が流れしており、且つこの時点ではモータは殆ど回転していないから、角速度 ω 及びモータ電流 i の微分値は近似的に零である。

【0037】従つて、前記式(1)は以下の式(2)で表すことができる。

【0038】

【数2】

$$V = R i \quad \dots \dots \dots (2)$$

従つて、モータ電流の予測値 i_s は、モータの端子間電圧Vをモータの内部抵抗Rで割った以下の式(3)で表すことができる。

【0039】

【数3】

$$i_s = \frac{V}{R} \quad \dots \dots \dots (3)$$

式(3)から明らかなとおり、モータ電流の予測値 i_s にはモータの逆起電力 k_t 、 ω や、回生電圧 $-di/dt$ の項を含まないから、モータの逆起電力や回生電圧影響を受けることなくモータ電流の予測値 i_s を推定することができる。

【0040】モータへ印加する電圧値はモータの端子間電圧Vを直接検出してもよいが、また以下のような手段で求めることもできる。

【0041】即ち、モータの端子間電圧Vは、モータに供給される電流制御値(PWM信号のデューティ比)と以下の式(4)で示す関係がある。

【0042】

【数4】

$$V = V_{BAT} \cdot D_{DUTY} \quad \dots \dots \dots (4)$$

ここで、 V_{BAT} はバッテリ電圧

D_{DUTY} はPWM信号のデューティ比である。

【0043】したがつて、前記モータ電流の予測値 i_s を示す式(3)は、以下の式(5)で表すことができる。

【0044】

【数5】

$$i_s = \frac{V_{BAT} \cdot D_{DUTY}}{R} \quad \dots \dots \dots (5)$$

以下、図2によつて、この発明によるモータ電流検出手段の故障の判定、及び検出結果に基づくフェールセーフ処理の構成と動作について説明する。

【0045】イグニッションキー11をONにすると、10 図示しないタイマTMにより予め設定された所定時間Tだけモータに電圧が印加される。イグニッションキー11のONはI.G.キーON検出器31により検出され、検出信号は故障検出器32に入力される。また、バッテリ電圧検出器36により検出されたバッテリ電圧 V_{BAT} 、及びモータ駆動回路の入力信号である電流制御値(PWM信号のデューティ比 D_{DUTY})が故障検出器32に入力される。さらに、図示しないタイマTMにより予め設定された所定時間 T_0 ($T_0 < T$)だけ経過した時点において、モータ電流検出器42により検出されたモータ電流値 i がサンプル値として故障検出器32に入力される。

【0046】故障検出器32は、検出され入力されたバッテリ電圧値 V_{BAT} と PWM信号のデューティ比 D_{DUTY} 、並びにモータ端子間抵抗 R を前記式(5)に代入してモータ電流の予測値 i_s を演算し、前記モータ電流検出器42によりサンプル値として検出されたモータ電流値 i と比較する。その結果、($i_s - i$)の絶対値が所定の許容値 Δi よりも大きい場合、モータ電流検出器42が故障であると判定する。

【0047】モータ電流検出器42が故障であると判定されたときは、フェールセーフ処理器33を作動させ、フェールリレー34をOFFとして接点34aを開き、モータ10への給電を断ち、電動パワーステアリング装置を不作動とする。

【0048】図5は故障検出器32の制御動作を説明するフローチャートである。まず初期化を行い、タイマTMの計時を開始する(ステップP1)。ついでバッテリ電圧値 V_{BAT} を検出して読み込むと共に、PWM信号のデューティ比 D_{DUTY} を読み込み、モータに電圧を印加する(ステップP2、P3)。タイマTMによる所定時間 T_0 の計時終了を待ち(ステップP4)、モータ電流検出器42からモータ電流のサンプル値 i を読み込む(ステップP5)。前記式(5)によりモータ電流の予測値 i_s を演算し(ステップP6)、($i_s - i$)の絶対値が所定の許容値 Δi よりも大きいか否かを判定する(ステップP7)。 $(i_s - i)$ の絶対値が所定の許容値 Δi よりも大きい場合はモータ電流検出器42が故障であると判定し、フェールセーフ処理を実行して(ステップP8)、処理を終了する。ステップP7の判定で否定的な場合は、故障なしと判定して通常の処理に移る。

【0049】

【発明の効果】以上説明したとおり、この発明の電動パワーステアリング装置の制御装置は、イグニッショニキーをONにした直後にモータ電流検出手段の故障を調べるものであり、モータの機械的時定数 T_m よりも十分に小さく、モータの電気的時定数 T_e よりも十分に大きい時間 T ($T_e < T < T_m$) だけモータに電圧Vを印加し、モータ端子間電圧値Vとモータ端子間抵抗Rから予測したモータ電流の予測値 i 、と、モータの角速度 ω が殆ど零、即ちモータが殆ど回転しない状態におけるモータ電流 i とを比較してモータ電流検出手段が故障か否かを判定するものであるから、特別な故障検出のための構成部材を使用することなく故障の検出ができ、電動パワーステアリング装置のモータ電流検出手段の故障による操舵の支障を未然に防止することが可能となる。

【0050】そして、モータに電流を流してモータ電流検出手段の故障を検出するが、イグニッショニキーをONにした直後、モータの角速度 ω が殆ど零、即ちモータが殆ど回転しない状態で検出することができるから、操作ハンドルが回転してしまう危険性もない。

【図面の簡単な説明】

【図1】電動式パワーステアリング装置の構成の概略を説明する図。

【図2】この発明の実施例の電子制御回路のブロック図。

【図3】モータ駆動回路の構成の一例を示すブロック

図。

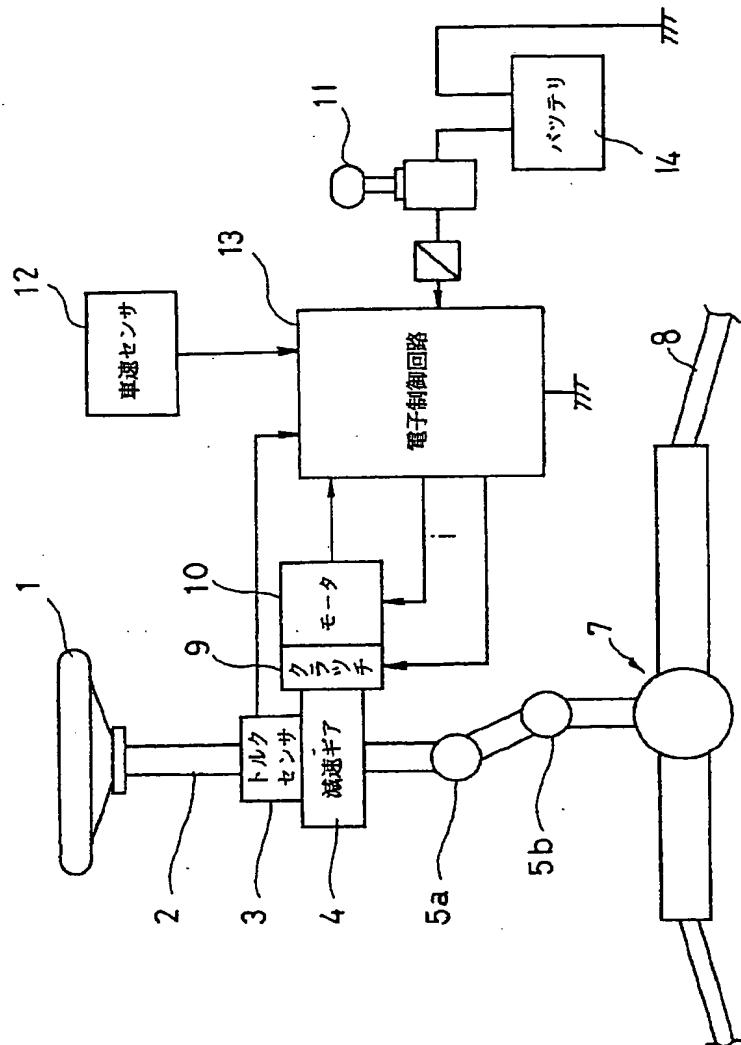
【図4】モータ電流 i とモータの角速度 ω の過渡特性、及びモータ電流 i のサンプリング時期を説明する図。

【図5】電子制御回路における制御動作を説明するフローチャート。

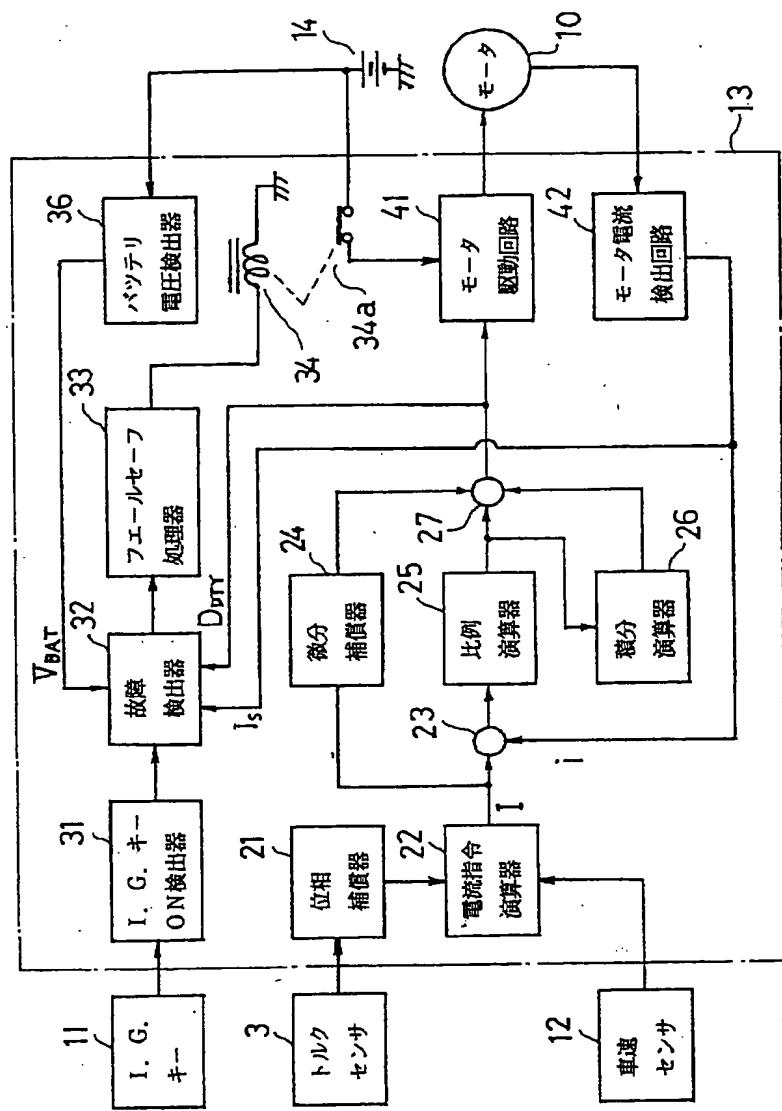
【符号の説明】

| | |
|----|--------------|
| 3 | トルクセンサ |
| 10 | モータ |
| 11 | イグニッショニキー |
| 12 | 車速センサ |
| 13 | 電子制御回路 |
| 21 | 位相補償器 |
| 22 | 電流指令演算器 |
| 23 | 比較器 |
| 24 | 微分補償器 |
| 25 | 比例演算器 |
| 26 | 積分演算器 |
| 27 | 加算器 |
| 31 | I.G. キーON検出器 |
| 20 | 32 故障検出器 |
| 33 | フェールセーフ処理器 |
| 34 | フェールリレー |
| 36 | バツテリ電圧検出器 |
| 41 | モータ駆動回路 |
| 42 | モータ電流検出回路 |

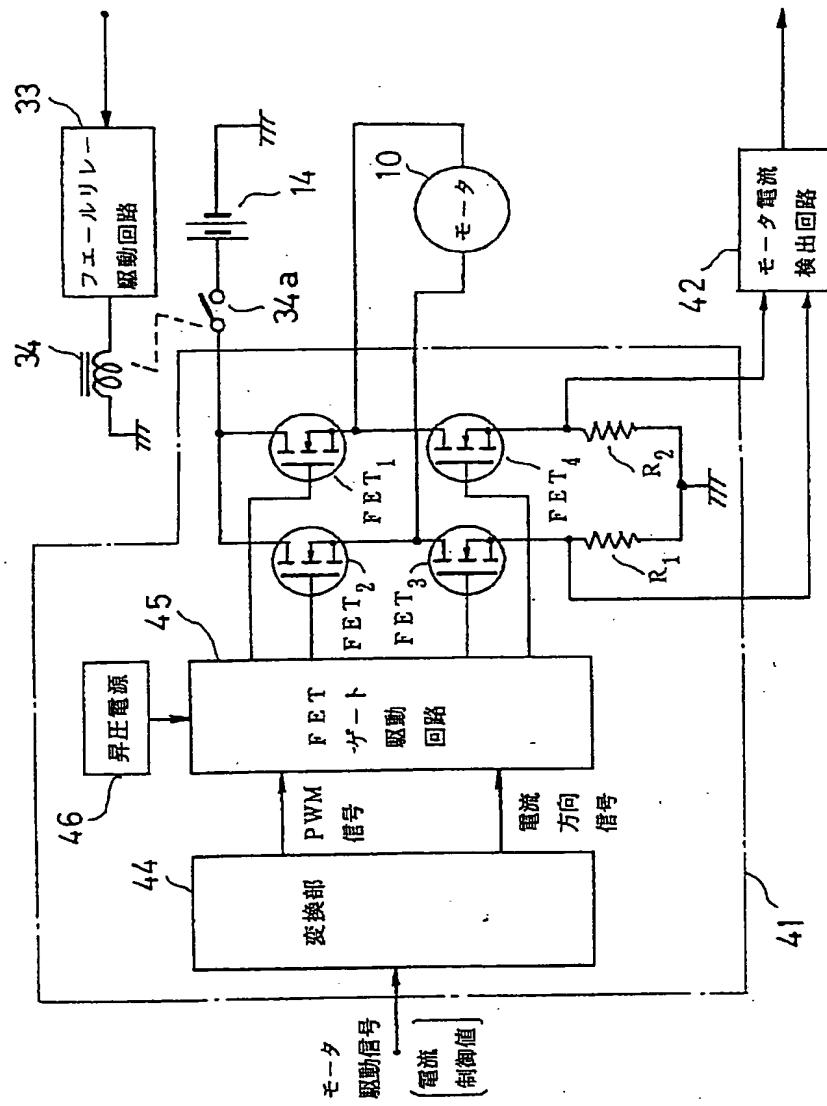
【図1】



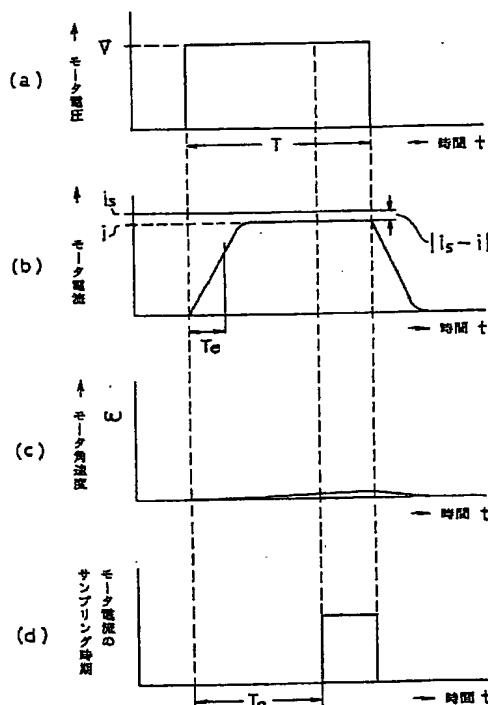
【図2】



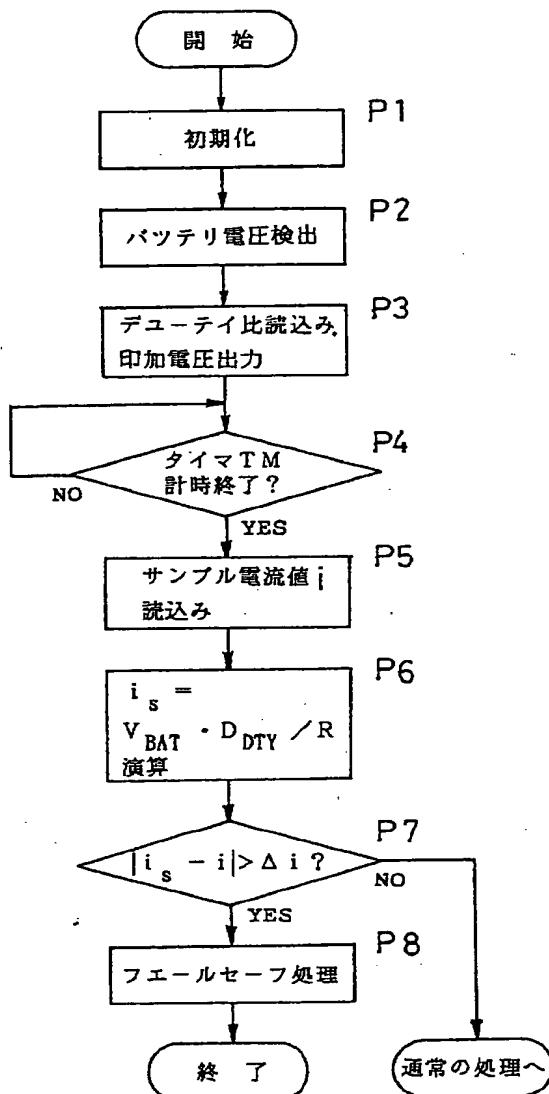
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者

小岩井 久賀

群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株
式会社内

(56)参考文献

特開 平3-213464 (J.P., A)

特開 平2-290778 (J.P., A)

(10)

特許3284785

(58)調査した分野(Int.Cl.?, DB名)

B62D 6/00

B62D 5/04